Über den Einfluss der Temperatur und des Aggregatzustandes auf die Mosotti-Clausius'sche Konstante.

von

Dr. T. Ziętkowski.

Über den Einfluss der Temperatur und des Aggregatzustandes auf die Mosotti-Clausius'sche Konstante.

Inaugural-Dissertation,

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Freiburg in der Schweiz

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

T. Ziętkowski

aus Radom.

Freiburg (Schweiz)

St. Paulus-Druckerei.

1900

DROGIM RODZICOM

Die vorliegende Arbeit wurde im physikalischen Laboratorium der Universität Freiburg in der Schweiz während der Zeit vom März 1899 bis zum Juli 1900 unter der Leitung des Herrn Professor Dr. J. von Kowalski ausgeführt.

Es sei mir gestattet, meinem hoch verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. J. von Kowalski, auch an dieser Stelle für seine liebenswürdige Anregung und das mir stets bewiesene Interesse und Wohlwollen meinen ganz besonderen und innigsten Dank auszusprechen.

Auch dem Assistenten Herrn J. Moscicki sage ich hiermit besten Dank für seine liebenswürdigen Bemühungen.

Über den Einfluss der Temperatur und des Aggregatzustandes auf die Mosotti-Clausius'sche Konstante.

EINLEITUNG

Die Bedeutung der Dielektrizitätskonstante in der elektromagnetischen Theorie des Lichtes ist in neuerer Zeit von Koláček [1], Goldhammer [2], Ebert [3], v. Helmholtz [4], Drude [5] und Paschen [6] theoretisch begründet und aufgeklärt worden. Insbesondere ist es das Verdienst von Drude [7], den Zusammenhang zwischen dieser Konstanten und den Konstanten der allgemeinen Dispersionsgleichung gegeben zu haben. Nach seiner Theorie müssen wir zwei Klassen von Körpern unterscheiden, diejenigen mit normaler und diejenigen mit anormaler Dispersion. Bei den Körpern der ersten Klasse können wir erwarten, dass die Dielektrizitätskonstante annährend gleich dem Quadrat des von der Wellenlänge

[1] F. Koláček, Wied. Ann. **32,** p. 224 u. 428, 1887. **34,** p. 673, 1888.
[2] D. A. Goldhammer, Wied, Ann. **47,** p. 93, 1882.
[3] H. Ebert, Wied. Ann. **48,** p. 1, 1893.
[4] H. v. Helmholtz, Berl. Ber. Dec. 1892, p. 1.
[5] P. Drude, Wied. Ann. **48,** p. 536, 1893.
[6] Paschen, Wied. Ann. **53,** p. 812, 1894.
[7] P. Drude, Physik des Äthers, Stuttgart, 1894.

unabhängigen Gliedes der Dispersionsformel ist. In dem andern Falle bekommen wir eine Differenz zwischen beiden Grössen, deren Wert gleich der Summe der Polarisationskonstanten derjenigen Molekülarten ist, deren Eigenschwingungen im Ultraroten liegen.

Für Körper mit normaler Dispersion gilt die Formel :

$$n^2 = -AT^2 + B + \frac{C}{T^2} + \frac{D}{T^4} \quad [1],$$

wo A, B, C und D Konstanten, n den Berechnungsindex und T die Schwingungsdauer des Lichtes bedeuten. Für diese Körper also kann man erwarten, dass falls A sehr klein ist,

$$1. \quad n_{\infty}^2 = K = B$$

sein wird, wo K die Dielektrizitätskonstante ist.

Andererseits soll nach der Theorie Mosotti [2]-Clausius [3] für alle Körper die Gleichung gelten :

$$2. \quad \frac{K - 1}{K + 2} \cdot \frac{1}{d} = D = \text{Constans},$$

wo d die Dichte des Körpers bedeutet. Diese Beziehung wurde auch von Lorentz [4] angegeben. Die

[1] E. Ketteler, Theoretische Optik, p. 541.

[2] F. O. Mosotti, Bibl. Univ. de Genève, **6**, p. 193, 1847.

[3] R. Clausius, Mechan. Wärmetheorie, Zweiter Teil, Mechan. Behandlung der Elektr. **3**, p. 94, Braunschweig 1879.

[4] Lorentz, Wied. Ann. **9**, p. 642, 1880.

theoretische Begründung dieser Formel setzt voraus, dass die Moleküle kugelförmig sind, eine Voraussetzung, die wenig wahrscheinlich ist; deswegen kann die Formel auch nur als eine Annäherung gelten.

Die Beziehungen 1 und 2 sind durch verschiedene Forscher experimentell geprüft worden. Jedoch ist mir unbekannt eine Untersuchung der Dielektrizitätskonstante eines gut physikalisch definierten Körpers im festen und flüssigen Zustand, verbunden mit der Prüfung der genannten Beziehung, abgesehen von den Arbeiten von Abegg [1], Dewar und Fleming [2]. Diese Untersuchungen beziehen sich aber auf die Bestimmung der Dielektrizitätskonstante gewisser Elektrolyte, welche sicher ein starkes Absorptionsgebiet im ultraroten Spektrum besitzen, also Körper sind, bei welchen die Beziehung 1 nicht gültig sein kann.

Infolgedessen schien es mir nicht uninteressant, die Beziehungen an einem Körper zu prüfen, welcher die Eigenschaften eines vollkommenen Nichtleiters hat. Zu diesem Zwecke habe ich das Paraffin gewählt. Bei dieser Wahl leitete mich auch der Umstand, dass das Paraffin für verschiedene elektrisch-technische Zwecke gebraucht wird und infolgedessen eine genaue Kenntnis gewisser physikalischen Konstanten dieses Körpers von Interesse ist. Dabei ist es ein Körper, welcher im festen Zustande bei vorsichtiger Behandlung keinen elektrischen Rückstand aufweist [3]. Da

[1] Abegg, Wied. Ann. **60**, p. 54, 1897, **62**, p. 249 1897.
[2] Dewar und Fleming, Proc. Roy. **61**, p. 299.
[3] Muraoka, Wied. Ann. **40**, p. 329, 1890.

aber für das feste Paraffin schon sehr viele Bestimmungen, wie wir des weitern aus dem historischen Überblick sehen werden, von verschiedenen Forschern vorliegen, und diese Messungen sehr wenig mit einander übereinstimmen, weil dabei das Paraffin nicht immer genau physikalisch definiert worden ist, so schien es mir von Interesse, die Untersuchung auf verschiedene Sorten des Paraffins auszudehnen, um mich zu überzeugen, ob vielleicht diese Abweichungen ihren Grund in den Eigenschaften des gebrauchten Materials hätten.

HISTORISCHER UEBERBLICK

Ehe ich zu meinen eigenen Untersuchungen übergehe, soll hier eine geschichtliche Zusammenstellung der Untersuchungen, welche sich auf denselben Gegenstand beziehen, gegeben werden.

Die Gleichung von Clausius-Mosotti wurde für sehr viele Körper experimentell geprüft, und zwar sowohl für Dichtigkeitsänderung durch Druck, von Boltzmann [1] und Klemenčič [2], wie auch für Dichtigkeitsänderung durch Wärmeausdehnung in den Untersuchungen von Pallaz [3], Fuchs [4], Rosa [5], Cassie [6], Hopkinson [7], Negreano [8], Pagliani [9], Franke [10], Hasenoehrl [11], Ratz [12].

[1] L. Boltzmann, Pogg. Ann. **155,** p. 403, 1875.
[2] J. Klemenčič, Exner's Rep. **21,** p. 571, 1885.
[3] A. Pallaz, Inauguraldiss., Lausanne, 1886.
[4] V. Fuchs, Wien. Ber. (2) **98,** p. 1240, 1889.
[5] E. Rosa, Phil. Mag. (5) **31,** p. 188, 1891.
[6] W. Cassie, Phil. Trans., **181,** p. 1, 1890.
[7] Hopkinson, Wied. Elektr. **2,** p. 42, 1883.
[8] Negreano, C. R. **114,** p. 845.
[9] F. Pagliani, Rend. Acc. Lincei **2,** 2. Sem. p. 48, 1893.
[10] Alfred Franke, Wied. Ann. **50,** p. 163, 1893.
[11] Fritz Hasenoehrl, Sitzungsber. K. K. Akad. Wien, **105,** p. 460, 1896.
[12] Fl. Ratz, Zeitschrift f. phys. Chemie, **19,** p. 94, 1896.

Viel weniger Untersuchungen beziehen sich, wie schon erwähnt, auf die Prüfung der Formel bei Aggregatzustandsänderung; da aber eben diese für unsern Fall von Wichtigkeit sind, will ich auf dieselben ausführlicher eingehen.

Im Jahre 1891 erschien die erste eingehendere Arbeit über diesen Gegenstand. Der Verfasser Lebedew[1] untersuchte nach einer abgeänderten Methode von Hopkinson die Dielektrizitätskonstante einiger Dämpfe, deren Dielektrizitätskonstante in flüssiger Form schon bekannt war, nämlich von Benzol, Toluol, Äthyläther, Methylalkohol, Äthylalkohol, Methylformiat, Methylacetat und Äthylproprionat. Die Dielektrizitätskonstante des Wasserdampfes genau zu bestimmen ist ihm trotz aller Bemühungen nicht gelungen. Seine Resultate, soweit sie sich auf die Prüfung der Formel 2 beziehen, sollen in der folgenden Tabelle zusammengestellt werden; dabei bezieht sich $K - 1$ auf den Wert der Dielektrizitätskonstante berechnet aus den Beobachtungen bei flüssigem und $K' - 1$ auf denselben Wert, beobachtet bei dampfförmigem Zustand.

[1] Lebedew, Inauguraldiss., Strassburg, 1891.

K — 1		K′ — 1
Methylalkohol. . .	0,0034	0,0057
Äthylalkohol . . .	51	65
Methylformiat. . .	46	69
Äthylformiat . . .	57	83
Methylacetat . . .	53	73
Äthylproprionat . .	66	(0,0140)
Äthyläther	54	0,0045
Toluol	31	43
Benzol	0,0026	0,0027

Sodann hat F. Linde[1] eine Reihe von Dielektrizitätskonstanten von verflüssigten Gasen bestimmt und zwar von CO_2, N_2O, Cl_2, SO_2 und NH_3. Seine Resultate sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

	t	$d'.10^6$	n_1	D_1
CO_2	0°	1965	1,000450	6,55
N_2O	0°	1969	1,000516	5,72
Cl_2	0°	3167	1,000773	6,14
SO_2	0°	2861	1,000686	6,26
NH_3	0°	716,6	1,000376	2,86

[1] F. Linde, Wied. Ann. **56,** p. 546, 1895.

	t	n^2 Beob.	K Ber.	K Beob.
CO_2	15°	1,430	1,425	1,530
N_2O	15°	1,450	1,488	1,518
Cl_2	0°	1,907	1,944	1,968
SO_2	15°	1,825	1,858	—
NH_3	16,5°	1,756	1,817	—

In dieser Tabelle wurde D_1 aus den Daten für Gase nach der Formel

$$D_1 = \frac{n_1^2 + 2}{n_1^2 - 1} \text{ berechnet,}$$

wo n_1 den Berechnungsindex für Gase und d_1 die Dichte desselben bezeichnet.

Sodann wurden aus den Daten für Gase die Daten für dieselben in verflüssigtem Zustande berechnet u. mit den Beobachtungen vergliechen; es bedeuten also n und K den Brechungsindex und die Dielektrizitätskonstante für verflüssigte Gase. Linde zieht aus seinen, wie aus den Beobachtungen Lebedew's den Schluss, dass man mit Sicherheit nur dann die Formel von Mosotti-Clausius als richtig ansehen kann, wenn die Beziehung $n^2 = K$ möglichst annähernd erfüllt ist. Er führt eine Reihe von Beispielen dafür an, dass, falls die letzterwähnte Bedingung nicht gültig ist, die Mosotti-Clausius'sche Gleichung zu ganz widersinnigen Resultaten führt. Darauf hat übrigens schon

Röntgen[1] aufmerksam gemacht, indem er berechnete, dass bei der Annahme, die Dielektrizitätskonstante des Wassers sei = 80, die Dichte desselben = 1 und die Compressibilität = $50 . 10^{-6}$, die Dielektrizitätskonstante des unter ca. 800 Atm. Druck stehenden Wassers sich aus der Mosotti-Clausius'schen Gleichung unendlich gross ergeben müsse. Röntgen findet aber, dass die Capazität eines mit Wasser gefüllten Condensators durch eine Druckzunahme von 1 auf 500 Atm. nicht sicher nachweisbar um 1 % geändert wird.

Aus allen diesen Untersuchungen geht hervor, dass die Gültigkeit der Mosotti-Clausius'schen Gleichung eine ziemlich beschränkte ist.

MATERIAL

Es wurden mehrere Paraffinproben benutzt und zwar vier von der Firma Dr. Bender & Dr. Hobein in München & Zürich und eine von der Firma H. König & Cie in Leipzig-Plagwitz. Beide Firmen haben folgende Paraffinarten zur Untersuchung geliefert :

I.
II.
III.
IV.

Durch Destillation der Braunkohle dargestelltes, von der Firma Eduard Müller, Halle a/Saale, bezogen.

[1] Röntgen, Wied. Ann. **52**, p. 593, 1894.

Firma H. König:

Paraffin solidum, Ph. G. III. Schm. p. 74/76° (Katalog U., Februar 1899).

Die drei ersten Proben enthielten je 5 Kg., die zwei letzten je 10 Kg. Paraffin; es wurden also im ganzen 35 Kg. Paraffin zur Untersuchung gebraucht, die sämtlich in Tafelform geliefert wurden.

Eine jede Probe wurde in einer grossen emaillierten Metallschale geschmolzen, der Homogenität wegen gut durcheinander gerührt, warm filtriert und wieder in Tafelform ausgegossen.

Ausserdem wurde aus einer jeden Paraffinprobe ein Stück unter der Glocke der Luftpumpe zum Erstarren gebracht, wodurch aus jeder Probe der gegebenen Substanz ein besonderes Quantum des luftfreien festen Paraffins erhalten wurde.

Von diesen Proben wurde der Schmelzpunkt bestimmt:

Es ergab die Probe:

I. 44° — 46°
II. 46° — 48°
III. 54° — 56°
IV. 56° — 58°
V. 74° — 76°.

Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Paraffins in festem Zustande.

Zur Bestimmung des spez. Gewichtes des festen Paraffins wurden drei gewöhnliche Stöpselpyknometer mit der Kapillaröffnung im Stöpsel gebraucht.

Die Volumina der Pyknometer wurden bei zwei Temperaturen, 18° & 40°, bestimmt, indem man dieselben zuerst leer und darnach mit Wasser gefüllt bei den genannten Temperaturen wog. Die Gewichte ergaben sich wie folgt :

Pyknometer N° 1 = 18,5805 g
Pyknometer N° 2 = 20,3855 g
Pyknometer N° 3 = 20,3355 g

Die Gewichte der Pyknometer, mit Wasser gefüllt, wurden gefunden wie folgt :

t = 18°	t = 40°
Pykn. N° 1 = 61,1438 g	Pykn. N° 1 = 60,8919 g
» » 2 = 63,7358 g	» » 2 = 63,4795 g
» » 3 = 63,1622 g	» » 3 = 62,9086 g

Die Dichte des Wassers wurde den physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt & Börnstein entnommen und zwar :

$t = 18_0 \quad d_{18} = 0{,}998628$
$t = 40° \quad d_{40} = 0{,}99233.$

Bei der Berechnung des Volumens des Pyknometers N° 1 bei der Temperatur von 18° wurden folgende Werte gefunden, was als Beispiel an dieser Stelle angeführt sein möge :

Gewicht des leeren Pyknometers = 18,5805 g.
Gewicht des gefüllten Pyknometers = 61,1438 g.
Gewicht des Wassers in der Luft = 42,5633 g.
Gewicht des Wassers reduziert = 42,6057 g.
Volumen des Pyknometers = 42,6642 ccm.

Im ganzen wurden die Volumina der Pyknometer gefunden wie folgt :

Pyknometer	t = 18°	t = 40°
N° 1	42,6642 ccm	42,6809 ccm
N° 2	43,4530 ccm	43,4703 ccm
N° 3	42,9282 ccm	42,9449 ccm

Die Volumina der Pyknometer bei andern Temperaturen wurden mittelst Interpolation ausgerechnet.

Das untersuchte, unter dem Rezipienten der Luftpumpe zum Erstarren gebrachte Paraffin wurde um den etwaigen Bruch beim Zerschneiden zu vermeiden, in einer Trockenkammer erwärmt und dann aus dieser Probe mit einem scharfen Messer Paraffinstäbchen von ungefähr 1 cm. Länge möglichst sauber ausgeschnitten. Die erwähnten Pyknometer wurden mit denselben gefüllt und gewogen. Dann wurden diese mit Paraffinstäbchen und Wasser aufgefüllten Pyknometer ohne Stöpsel in einem Becher Wasser aufgestellt und unter dem Rezipienten der Luftpumpe durch starkes Auspumpen zum Kochen gebracht, wobei der Becher so hoch gefüllt wurde, dass das Vollbleiben des Pyknometers während des Kochens gesichert war. Darauf wurde das Pyknometer mit aufgesetztem Stöpsel in einem Ostwald'schen Thermostaten vier Stunden lang auf konstanter Temperatur gehalten, um ganz sicher zu sein, dass das Paraffin im ganzen die erwünschte Temperatur besitze. Die

gefundenen spez. Gewichte sind in den beigegebenen Tabelle N° 1 zusammengestellt.

Als Beispiel des Verfahrens bei der Berechnung der oben angeführten Resultate geben wir die Reihenfolge der Ergebnisse bei dem ersten Paraffin bei der Temperatur 20°, indem diese Grössen bei allen Paraffinproben auf einem und demselben Wege gefunden worden waren.

1. Gewicht d. Pykn. leer in d. Luft = 18,5805 g.
2. Gewicht d. Pykn. mit Paraffin = 33,9962 g.
3. Gewicht d. Pykn. mit Paraffin u. Wasser in der Luft = 58,9718 g.
4. Gewicht d. Paraf. selbst in d. Luft = 15,4157 g.
5. Gewicht des Paraffins reduziert = 15,4335 g.
6. Gewicht des Wassers im Pykn. bei 20° in der Luft = 24,9756 g.
7. Gew. d. Wassers i. Pykn. reduziert = 25,0005 g.
8. Vol. des Wassers bei 20° im Pykn. = 25,0447 g.
9. Vol. des Paraffins bei 20° im Pykn. = 17,6210 g.
10. Spez. Gew. des Paraffins = 0,87586.

Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Paraffins in flüssigem Zustande.

Die spezifischen Gewichte des Paraffins im flüssigen Zustande wurden in den Temperaturgrenzen : 49°-94° mit Hilfe der hydrostatischen Wage bestimmt. Die zu diesem Zwecke angewandte Wage wurde von A. Ruprecht in Wien konstruiert. Dieselbe besass, um deren Gebrauch als hydrostatisches Instrument zu ermöglichen, unter dem Wagekasten

einen grossen gläsernen Schrank, in welchem die Messungen vorgenommen wurden.

Zuerst wurde das untersuchte Paraffin geschmolzen und in einem Becherglas luftfrei gemacht. Zu diesem Zwecke wurde das Becherglas mit Paraffin solange unter der Glocke der Luftpumpe gehalten, bis die Luftbläschen sich zu zeigen aufhörten. Darauf wurde dieses Becherglas in ein grosses warmes Glycerinbad eingetaucht und in dem Schranke unter den Wageschalen aufgestellt. Um die Verdampfung des Glycerins bei höhern Temperaturen zu verhindern, wurde das Glycerin mit einer dünnen Schicht desjenigen Paraffins überzogen, welches den höchsten Schmelzpunkt aufwies. Der zu den hydrostatischen Messungen nötige Taucher wurde folgendermassen hergestellt : Ein ziemlich weites Reagenzröhrchen wurde ungefähr zum vierten Teile mit Schrotkörnern gefüllt, welche durch einen Glaswollebausch an einem Ende desselben festgehalten wurden. An dem andern Ende wurde das Reagenzröhrchen zugeschmolzen; dabei hatte man an demselben Ende ein kleines Häckchen, ebenfalls aus Glas gemacht um die Aufhängung des Tauchers zu ermöglichen. Der Taucher wurde an einem möglichst dünnen Platindraht unter der Wagschale aufgehängt und nun sein Gewicht in der Luft bestimmt. Als solches wurde gefunden :

$$P = 100{,}7966 \text{ g.}$$

Dieses Resultat, auf den luftleeren Raum reduziert, ergab :

$$P_R = 100{,}843 \text{ g.}$$

Dann wurde das Gewicht des Tauchers im Wasser bestimmt und zwar bei einer Reihe von Temperaturen. Um aber die Wirkung zu neutralisieren, welche beim Erhitzen des Wassers und des Glycerins der aufsteigende Luftstrom auf die Wage eventuell ausüben konnte, hatte man zwischen dem Wagekasten und dem untern Schrank zwei Stück Pappe hineingeschoben, welche nur eine minimale Öffnung für den Aufhängedraht besassen. Das Gewicht des Tauchers, bei vier Temperaturen des Wassers bestimmt, ergab sich wie folgt :

$t_1 = 17°,7$; $G'_1 = 47,6010$
$t_2 = 19°,0$; $G'_2 = 47,6116$
$t_3 = 20°,5$; $G'_3 = 47,6254$
$t_4 = 30°,0$; $G'_4 = 47,7293$.

Diese Gewichte wurden auf den luftleeren Raum reduziert und entsprechend den folgenden Werten gleich gefunden :

$G_1 = 47,5947$
$G_2 = 47,6053$
$G_3 = 47,6191$
$G_4 = 47,7230$.

Da die spezifischen Gewichte des Paraffins für höhere Temperaturen zu bestimmen waren, als diejenigen, für welche die Gewichte des Tauchers gefunden worden waren, so bestimmte man mit Hilfe der Extrapolationsformel :

$$V_t = V_0 [1 + \alpha (t - t_0) + \beta (t - t_0)^2]$$

folgende Werte der Volumina des Tauchers :

Paraffin	t	V
I.	49°6	53,3875
	59°8	53,4096
	78°	53,4493
II.	56°	53,4013
	63°1	53,4168
	81°5	53,4569
III.	63°3	53,4172
	64°5	53,4199
	71°8	53,4358
	79°7	53,4530
	87°5	53,4700
IV.	62°5	53,4155
	72°	53,4362
	79°7	53,4530
	88°7	53,4726
V.	81°5	53,4569
	81°9	53,4578
	89°	53,4733
	94°2	53,4847

Die Temperaturen bei der Messung wurden vermittelst des Glycerinbades, welches stetig gerührt wurde, erhalten, die spezifischen Gewichte aller zur Verfügung stehenden Paraffinproben nach der beschriebenen Methode bestimmt. Die Resultate sind aus der Tabelle I ersichtlich.

Brechungsindex des Paraffins in festem Zustande.

Die Bestimmung der Brechungsindices des festen Paraffins bot gewisse Schwierigkeiten. Zunächst wurde versucht, den Brechungsindex mit dem Pulfrich'schen Totalreflektometer neuester Konstruktion von Zeiss in Iena zu bestimmen. Leider aber konnte man vermittelst dieses Instrumentes keine scharfe Grenze der Totalreflexion erhalten und zwar trotz aller Bemühungen.

Auch eine Anwendung der Le Blanc'schen[1] Methode mit Kaliumquecksilberjodidlösung führte nicht zu bessern Resultaten. Infolgedessen wandte ich die Methode der streifenden Incidenz von Kohlrausch[2] an. Die ersten Vorversuche gaben sofort den Grund an, weshalb ich bei der Anwendung der andern Methoden auf grosse Schwierigkeiten gestossen war. Es ergaben sich nämlich zwei sehr wenig scharfe Grenzen der Totalreflexion.

Das Paraffin ist also doppelbrechend, was übrigens auch schon Cammerer[3] gefunden hat. Bei weitern Vorversuchen ergab sich, dass der Grad dieser Doppelbrechung sich je nach der Art der Bedeckung mit Paraffin des zu der Kohlrausch'schen Methode gebrauchten Prismas veränderte. Es lag also die Vermutung nahe, dass infolge unregelmässiger Abkühlung ein gewisser Spannungszustand entstand,

[1] Le Blanc, Zeitschrift für phys. Chemie **10,** p. 483, 1892.
[2] Wied. Ann. **16,** 607, 1882.
[3] Cammerer, Wied. Ann. **54,** p. 84, 1895.

welcher diese Veränderungen bewirkte. Endlich, nach vielen Versuchen gelang es, ein Verfahren des Bedeckens des Prismas mit Paraffin aufzufinden, welches zwei scharfe, der Messung zugängliche Grenzen der Totalreflexion ergab und auch konstante Resultate lieferte. Dies Verfahren bestand in einer sorgfältigen Erwärmung des ganzen Hülfsprismas vor dem Bedecken mit flüssigem Paraffin, dem Bedecken desselben mit einer möglichst dünnen Schicht von Paraffin und einer schliesslichen langsamen Abkühlung des ganzen Systems. Die Konstanz der Brechungsindices der so erhaltenen Paraffine wurde geprüft, indem man auf demselben Prisma einen dünnen Überzug von Paraffin durch Auskrystallisieren aus einer Schwefelkohlenstofflösung niederschlagen liess. Da die beiden Methoden dieselben Resultate ergaben, so scheint es berechtigt, die so erhaltenen beiden Brechungsindices als spezifische Konstanten des Paraffins anzusehen. Die Ausführung der Kohlrausch'schen Methode geschah in der üblichen Form; nur wurde um recht schöne, scharfe Grenzen zu erhalten, folgender Kunstgriff angewandt : Vor das Ocular des Spektrometers habe ich ein Nicol eingeschaltet; bei einer bestimmten Stellung sah man natürlich nur die eine Grenze, die andere sah man bei der Drehung des Nicols um 90°, wobei die erste gänzlich verschwand, wie das bei senkrecht aufeinander polarisierten Strahlen geschehen musste. Durch diese Trennung liess sich jede einzelne Grenze viel schärfer einstellen. Als Spektrometer wurde ein solches von Schmidt und Hänsch benutzt. Am

Kreise konnte man noch 10 Secunden ablesen. Als Hülfsprisma diente ein Flintglasprisma, welches sehr stark brechend war; es wurde einem Spektroskop von Krüss entnommen. Die Brechungsindices desselben wurden sehr sorgfältig nach der Minimalablenkungsmethode bestimmt. Die optischen Daten des Prismas sind die folgenden :

Brechender Winkel $\theta = 60^\circ\ 0'20''$.
Brechungsindex für Linie D: $n_D = 1{,}6450$.

Die Resultate der Brechungsindices für verschiedene Paraffine sind zusammengestellt in Tafel II. Darin bedeutet :

N° Nummer der Paraffinsorte, n_1 und n_2 die Brechungsindices für die D-Linie, r_1 und r_2 die Refraktionskonstanten berechnet nach der Formel :

$$r_1 = \frac{1}{d} \cdot \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \quad .$$

Die Temperatur ist durchweg 13°; denn das war die sehr konstante Zimmertemperatur, bei welcher die Versuche ausgeführt wurden. Da die Vorversuche zeigten, dass die Temperatur von grossem Einfluss auf die Brechungsindices ist, so hat man grosse Sorgfalt auf die Erhaltung dieser konstanten Temperatur gelegt.

Brechungsindex des Paraffins in flüssigem Zustande.

Der Brechungsindex des Paraffins in flüssigem Zustande wurde vermittelst des Totalrefraktometers von Pulfrich (Neukonstruktion 1897) bestimmt.

Da es nötig war, das flüssige Paraffin der Reihe nach auf verschiedenen Temperaturen eine Zeit lang konstant zu halten und keiner der in der Gebrauchsanweisung beschriebenen Apparate zu Handen war, welcher Wasser von bestimmter Temperatur regelmässig zu dem Totalrefraktometer zuzuführen im stande gewesen wäre, so hatte man folgende Einrichtung für alle Temperaturen, mit Ausnahme der höchsten von 98° angewandt, um die regelmässige Erwärmung des Paraffins durch Wasser zu sichern:

Das kalte Wasser wurde direkt aus der Leitung in ein Gefäss hinaufgeführt, in welchem dasselbe durch seitlichen Abfluss auf konstantem Niveau gehalten wurde. Von diesem Gefäss wurde das Wasser vermittelst eines Syphons und eines Gummischlauches mit einem gläsernen Spiralrohr in Verbindung gesetzt, welches sich seinerseits in einem Ostwald'schen Thermostaten befand; derselbe wurde ohne Gasregulator gebraucht. Die Zufuhr des Wassers zu der Spirale konnte nach Belieben durch einen auf den Gummischlauch aufgesetzten Quetschhahn vermindert oder eingestellt werden. Die Spirale sollte bewirken, dass das Wasser nach dem Austreten aus derselben sicher die in dem Thermostaten herrschende Tem-

Fig. 1.

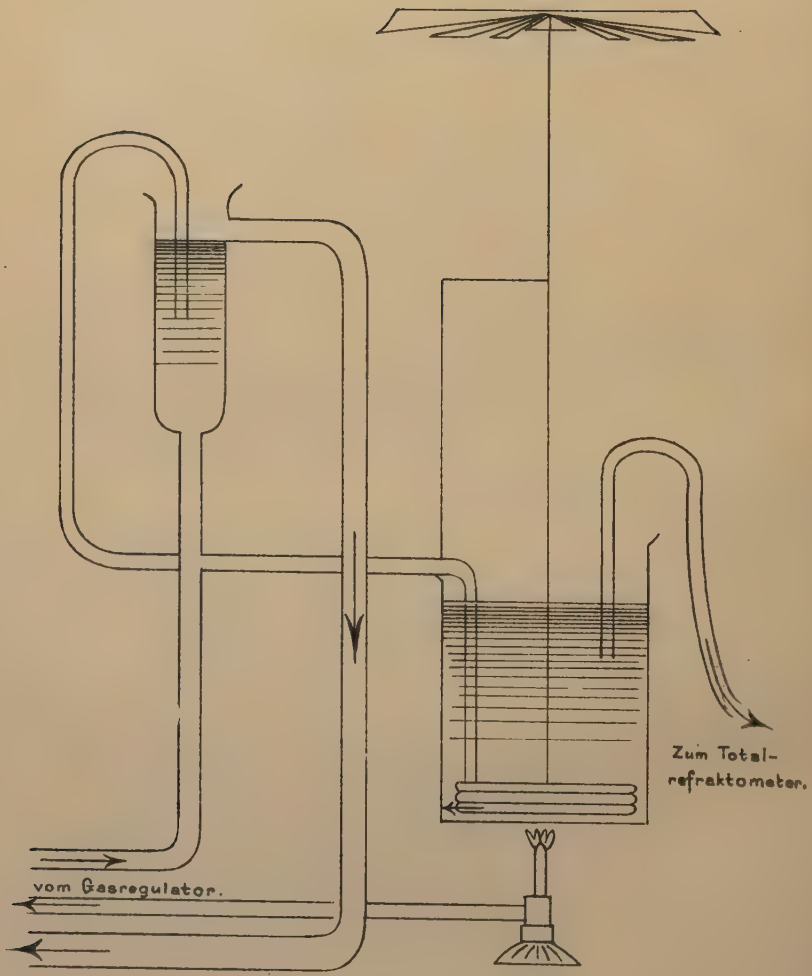
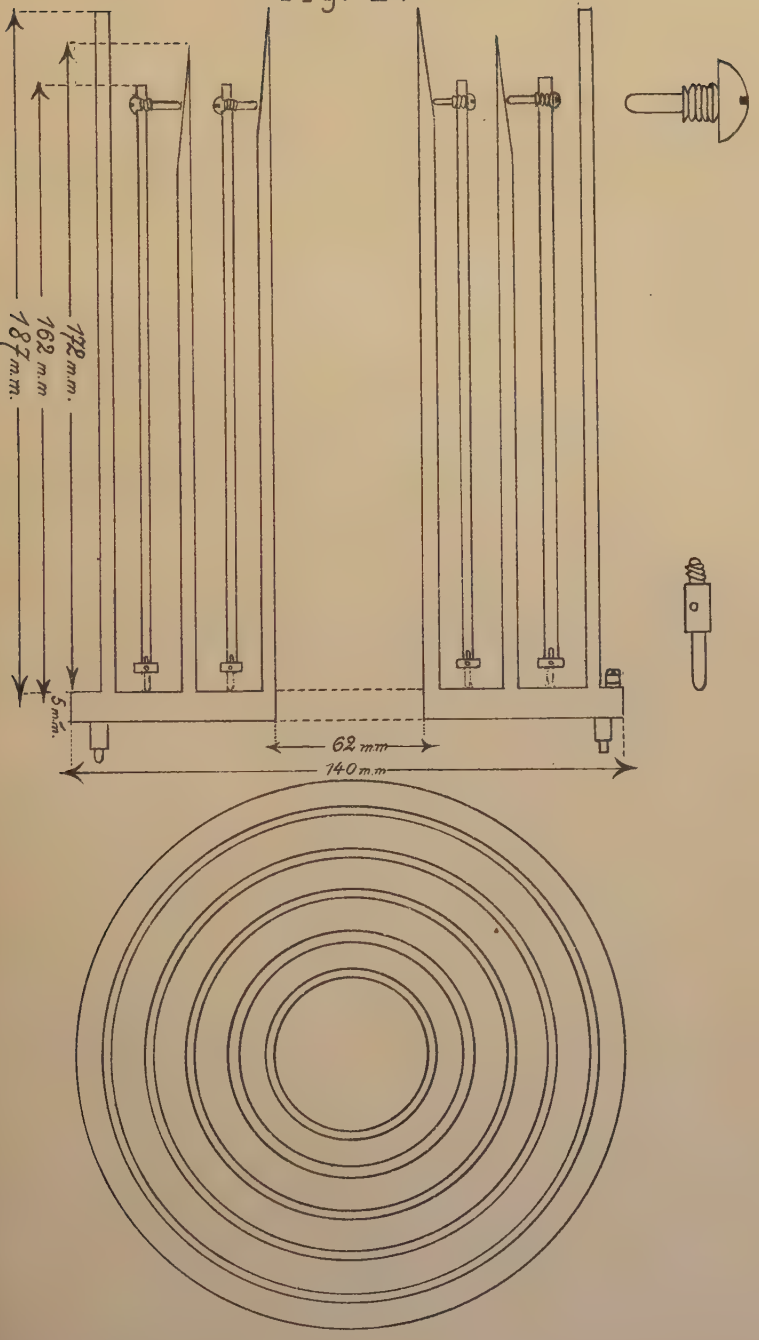


Fig. 2.



peratur besitze. Der Thermostat wurde bis zu der bestimmten Temperatur durch einen Mikrobrenner mit der durch den Gasregulator regulierten Gaszufuhr erwärmt. Aus dem Thermostaten wurde das Wasser vermittelst eines Syphons und eines Gummischlauches mit Quetschhahn dem Totalrefraktometer zugeführt.

Die eben beschriebene Einrichtung wird aus der nachstehender Fig. 1 ersichtlich.

Der Brechungsindex wurde für die D, C, F und G'Linien unter Berücksichtigung aller sich in der Gebrauchsanweisung und in den Tabellen befindlichen Korrekturen ausgerechnet und die Resultate in der Tabelle III zusammengestellt.

Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten des Paraffins.

Die Dielektrizitätskonstante wurde nach der Kondensatormethode bestimmt, indem man die Kapazität eines Kondensators mit Luft und mit Paraffin gefüllt, bestimmte. Der Kondensator ist in Fig. 2 dargestellt.

Er besteht, wie man ersieht, aus drei äussern und zwei innern cylindrischen Belegungen, und zwar sind die äussern Belegungen auf einem Messingring aufgestellt; die innern besitzen je drei kleine Glasfüsschen, welche diese Belegungen vom Ringisolieren. Damit die Lage der äussern Belegungen in Bezug auf die innern fixiert sei, befinden sich an jedem innern Cylinder je drei Querstäbchen aus Glas. Dieselben werden an den obern Rand der innern Be-

legungen so angeschraubt, dass die Cylinder, wenn sie in die äussern Belegungen versenkt werden, beim Hin- und Herschieben fixiert erscheinen. Durch eine angenäherte Rechnung kann man sich überzeugen, dass der Fehler, welcher von den Glasstäbchen im Kondensator auf die Bestimmung der Dielektrizitätskonstante des Paraffins ausgeübt wird, zu vernachlässigen ist. Denn bezeichnen wir mit S_1 den freien, mit S_2 den vom Glas bedeckten Teil der Oberfläche der innern Belegung, mit D die Dielektrizitätskonstante des Glases und mit D_1 die Dielektrizitätskonstante des Paraffins, und endlich mit D_1^1 die Dielektrizitätskonstante des Paraffins gemessen ohne Berücksichtigung der Glasstäbchen, so ist:

$$D_1 - D_1^1 = (D_1^1 - 1)\, D \cdot \frac{S_2}{S_1} \quad .$$

Bei unserm Kondensator war.

$$\frac{S_2}{S_1} = 0{,}00025 \quad .$$

D ist im Maximum gleich 8, D_1 war bei unsern Bestimmungen im Maximum gleich rund 2,2. Es ergibt sich also:

$$D_1 - D_1^1 = 0{,}0024 \quad ,$$

was in den Grenzen des Beobachtungsfehlers liegt.

Am obern Rand der innern Belegungen, wie auch am untern Rand der äussern waren kleine Schrauben befestigt worden, an welche die zur Messung notwendigen Zuleitungen geklemmt werden

konnten. Der Kondensator war von der Firma Dr. Th. Edelmann [1] in München ausgeführt. Die Kapazität des Kondensators wurde nach der Sayty-Methode gemessen. Das Prinzip dieser Methode beruht bekanntlich auf der Vergleichung der Kapazität zweier Kondensatoren in einer der Wheatstone'schen Brücke analogen Schaltung, vermittelst Telephon und Induktorium. Als Vergleichskondensator diente ein Luftkonden sator von Lord Kelvin, welcher die Kapazität von 0,002525 Mikrofarad besass. Das Induktorium gab Wechselströme von einer ungefähren Wechselzahl = 326 in 1 sec. Der Widerstandssatz war ein Wolff'scher, Selbstinduktion frei gewickelt. Bei richtiger Wahl des Verhältnisses der beiden Brückenwiderstände konnte man ein ausgezeichnetes Minimum im Telephon erhalten. Zur Erhaltung konstanter Temperaturen wurde der Kondensator in einen Luftthermostaten aus Metall eingesetzt. Der Thermostat war natürlich während der Versuche zur Erde abgeleitet. Die Temperatur liess sich leicht bis auf 0,1° während längerer Zeit konstant erhalten.

Der Gang der Versuche war folgender: Die Kapazität des leeren Kondensators wurde gemessen. Sodann wurde er mit Paraffin gefüllt, und es erfolgten die Bestimmungen der Kapazität mit flüssigem Paraffin. Zum Schlusse liess man das Paraffin unter der Luftpumpe sehr langsam (bis 36 Stunden lang) erstarren, und dann erst wurde die Kapazitätsbe-

[1] Für die sorgfältige Ausführung des Kondensators sei hier dieser Firma besonderer Dank ausgesprochen.

stimmung des Kondensators mit festem Dielektrikum ausgeführt.

Die Resultate sind aus der Tabelle VI ersichtlich.

Diskussion der erhaltenen Zahlen.

Unsere Untersuchung ergibt genaue Daten für die spezifischen Gewichte, Brechungsindices, Dispersion der verschiedenen Paraffinsorten bei verschiedenen Temperaturen im festen und flüssigen Zustand.

Ehe wir also auf die Diskussion des Zusammenhanges zwischen diesen Grössen näher eingehen, möge auf einige Eigentümlichkeiten dieser Konstanten des Paraffins aufmerksam gemacht werden.

I. *Die spezifischen Gewichte :*

Aus den Daten für spezifische Gewichte ersehen wir zunächst, dass, wie man es erwarten konnte, die Paraffine mit höhern spezifischen Gewichten den höheren Schmelzpunkten entsprechen. Die Ausdehnung der Paraffine im flüssigen Zustand ist, wie man aus der Tabelle I ersieht, beinahe der Temperatur proportional ; die der festen weicht sehr wenig von dieser Proportionalität ab.

Dagegen bemerkt man, dass im Augenblick der Aggregatzustandsänderung eine plötzliche Volumänderung eintritt und zwar so, dass bei der Verflüssigung eine Volumzunahme stattfindet. Diese plötzliche Volumzunahme ist nach Ostwald (Lehr-

buch der allg. Chemie) bei den meisten Kohlenwasserstoffen beobachtet worden.

IIa. *Die optischen Konstanten des festen Paraffins.*

Die optischen Konstanten des festen Paraffins bieten sehr interessante Eigentümlichkeiten. Zunächst ist, wie wir schon erwähnt haben, das feste Paraffin doppelbrechend. Es ist dies eine Bestätigung der Resultate einer Arbeit von R. Camerer [1]. Bemerkenswert erscheint im Hinblick auf die Ableitung von Lorentz [2], dass die Refraktionskonstante für flüssiges Paraffin zwischen den Werten n_1 u. n_2 der Refraktionskonstanten für den ordentlichen und ausserordentlichen Strahl liegen. Betrachten wir sowohl n_1 wie n_2 für unsere Paraffine, so bemerken wir, dass dieselben für Paraffine mit höherm Schmelzpunkte, also dichtere, auch einen höhern Wert haben. Im Gegensatz dazu erhielt Camerer in seiner Arbeit zwar denselben Gang für seinevier ersten Paraffine; dagegen hat das Paraffin mit dem Schmelzpunkt 76°-80° einen Wert des Brechungsexponenten ergeben, der eben so niedrig liegt, wie der der Paraffinsorte mit dem Schmelzpunkt zwischen 40° und 45°. Vielleicht kann man diese Abweichung durch folgende bei den Vorversuchen beobachtete Thatsache erklären. Wie ich schon bei der Beschreibung der Beobachtungsmethode erwähnt habe, erhielt ich erst dann konstante Werte für den Brechungs-

[1] R. Camerer, Wied. Ann. **54**, p. 84, 1895.
[2] H. A. Lorentz, Wied. Ann. **9**, p. 641, 1880.

index des festen Paraffins, als ich einen möglichst dünnen Überzug von Paraffin auf dem Prisma bei meinen Bestimmungen benutzte. Sobald ich einen dicken Überzug anwandte, wurden die Grenzen verwaschen, und ausserdem näherten sie sich gegenseitig. Dabei wurde aber der absolute Wert sowohl von n_1 wie von n_2 kleiner als bei der dünnern Schicht. Die Herstellung einer zusammenhängenden dünnen Schicht bei den Paraffinen mit hohem Schmelzpunkte ist sehr schwer; deswegen ist es möglich, dass bei den Versuchen von Camerer das fünfte von ihm untersuchte Paraffin so niedrige Werte von n_1 und n_2 ergibt, weil es in dickern Schichten untersucht worden ist.

IIb. *Die optischen Konstante des flüssigen Paraffins.*

Aus der Tabelle der Brechungsindices des flüssigen Paraffins ersehen wir, dass auch diese bei einer und derselben Temperatur verglichen, für Paraffine mit höhern Schmelzpunkten höhere Werte haben. Berechnet man dagegen die Refraktionskonstanten, so sind dieselben für die vier ersten Paraffine sehr wenig von einander verschieden, jedoch ist dieselbe für die fünfte Sorte des Paraffins ein wenig kleiner als für die andern.

Betrachten wir jetzt den Einfluss der Temperatur auf den Brechungsindex und die Refraktionskonstante, so bemerken wir, dass die erste Grösse mit zunehmender Temperatur abnimmt, dagegen die zweite mit zunehmender Temperatur durchweg zunimmt. Das letzte Resultat ist insofern interessant,

als schon Ratz [1] darauf aufmerksam machte, dass die Mosotti-Clausius'sche Konstante eine ausgesprochene Funktion der Temperatur ist. Ratz fand auch, dass für gute Nichtleiter wie Benzol, Toluol, Schwefelkohlenstoff, die Mosotti-Clausius'sche Konstante mit der Temperatur zunimmt. In ähnlicher Weise nimmt in unserm Fall die analoge Refraktionskonstante zu.

Betrachten wir den Einfluss der Temperatur auf die Brechungsindices der verschiedenen Paraffine für verschiedene Wellenlängen, so ist der Unterschied in der prozentualen Änderung der Brechungsindices sehr wenig abhängig von der Wellenlänge, für welche der Brechungsindex gemessen worden ist. Ein Blick auf die Tabelle IV überzeugt uns davon. In dieser Tabelle IV ist jedesmal für die verschiedenen Paraffine die prozentuale Änderung der Brechungsindices für die Frauenhofer'schen Linien C, D, F und G' in Bezug auf das Temperaturintervall t-t' angegeben.

Betrachten wir jetzt die Refraktionskonstanten für verschiedene Wellenlängen, so finden wir, dass durchweg die Refraktionskonstanten für kürzere Wellenlängen grösser sind.

III. *Die Dielektrizitätskonstante.*

Die Dielektrizitätskonstante des festen Paraffins ist schon von verschiedenen Forschern bestimmt worden.

[1] Ratz, Zeitschrift für physikal. Chemie **19**, p. 94, 1896.

Von den ältern Untersuchungen haben wir zu erwähnen diejenige von Boltzmann [1], Wüllner [2], Hopkinson [3], Gordon [4], Schiller [5]; von den neuern die von Winkelmann [6], Donle [7], O. Werner [8], Lambardi [9], L. Graetz und Fomm [10], Thwing [11], Lampa [12]. Die Resultate dieser Forscher sind in der Tabelle V zusammengestellt.

Über die Art des untersuchten Paraffins ist weniges angegeben. Untersuchungen über verflüssigtes Paraffin und über den Einfluss der Temperatur auf die Dielektrizitätskonstante des Paraffins sind mir nicht bekannt, ausgenommen eine Bemerkung von Hopkinson, nach welcher die Dielektrizitätskonstante des festen Paraffins mit der Temperatur sich nicht merklich ändert. Meine Resultate, in Tabelle VI zusammengestellt, ergeben Dielektrizitätskonstanten, welche zwischen den Grenzen 2,105-2,156 für das feste Paraffin liegen, also Werte, welche den mittlern Werten verschiedener Forscher entsprechen. Die Abweichungen zwischen den ver-

[1] Boltzmann, Wien. Ber. Band 67, p. 17, Band 70, p. 339.
[2] Wüllner, Lehrbuch der Exp. Physik, III p. 37.
[3] Hopkinson, Mascart, Statische Elektr. p. 890.
[4] Gordon, S. Mascart, l. c. p. 894.
[5] Schiller, Pogg. Ann. **152,** p. 535, 1894.
[6] Winkelmann, Wied. Ann. **38,** p. 160, 1889.
[7] Donle, Wied. Ann. **40,** p. 307, 1890.
[8] O. Werner, Wied. Ann. **47,** p. 613, 1892.
[9] Lambardi, Nucavo Cimento, **2,** p. 360, 1895.
[10] L. Graetz und Fomm, Wied. Ann. **54,** p. 624, 1895.
[11] Thwing, Inaugural-Diss. Bann, 1894.
[12] Lampa, Wien. Ber. Band CV, Abtlg. II a., December 1890.

schiedenen Sorten des Paraffins sind viel kleiner als die Abweichungen, welche verschiedene Forscher erhalten haben. Deswegen liegt die Vermutung nahe, dass die jeweilen benutzte Methode die Ursache dieser verhältnismässig grossen Abweichungen ist. Bei meiner Methode können die erhaltenen Werte für die Dielektrizitätskonstante höchstens ein wenig zu klein ausgefallen sein, da mir leider für die Saydy-Schaltung nicht vollständig kapazitätsfreie Widerstände zur Verfügung standen. Der daraus entspringende Fehler kann jedenfalls nicht sehr gross ausfallen, und da immer derselbe Widerstandssatz benutzt worden war, so sind die relativen Werte jedenfalls dieselben geblieben. Aus der Tabelle VI ersehen wir, dass auch in Bezug auf die Dielektrizitätskonstante die verschiedenen Paraffinsorten dieselbe Reihenfolge beibehalten, d. h. den höchsten Schmelzpunkten, Dichten und Brechungsindices entsprechen die höchsten Werte für die Dielektrizitätskonstante. Dieselbe nimmt bei der Verflüssigung ziemlich stark ab, und bei der Erhöhung der Temperatur nimmt sie noch weiter ab. Der Temperaturkoeffizient scheint für alle Paraffine nicht sehr verschieden zu sein. Dagegen scheint, wie wir aus dem Versuch mit dem ersten Paraffin sehen, die Dielektrizitätskonstante schneller abzunehmen als die Temperatur zunimmt. Interessant sind die Ergebnisse, welche man durch die Ausrechnung der Mosotti-Clausius'schen Konstante erhält.

Wir ersehen zunächst, dass ähnlich wie bei der Berechnung der Lorentz'schen Konstante für die

Brechungsindices die Mosotti-Clausius'sche Konstante einen durchweg niedrigeren Wert besitzt für festes Paraffin, als für verflüssigtes ; nur sind die Differenzen hier viel grösser. Ebenso wächst beim verflüssigten Paraffin mit der Erhöhung der Temperatur die Mosotti-Clausius'sche Konstante ähnlich, wie die Lorentz'sche Konstante, obgleich der Unterschied sehr klein bleibt. Jedenfalls scheint der Einfluss der Temperaturen im flüssigen Zustand auf die Veränderung der Mosotti-Clausius'schen Konstante viel kleiner zu sein, als die Aggregatszustandsänderung, eine Thatsache, welche den Beobachtungen von Lebedew für flüssige und dampfförmige Körper entsprechen würde. Diese Thatsache lässt sich wohl dadurch erklären, dass man die Dielektrizitätskonstante als eine von der Anordnung der Moleküle eines Körpers abhängige Grösse ansieht. Interessant ist weiter, dass für die verflüssigten Paraffine die Mosotti-Clausius'sche Konstante sehr nahe der Lorentz'schen Konstante liegt. Die Unterschiede können recht wohl auf kleine Beobachtungsfehler zurückgeführt werden.

ERGEBNISSE

Die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind folgende :

1. Paraffine mit höherm Schmelzpunkte besitzen bei derselben Temperatur grössere Dichten, höhere Brechungsindices und Dielektrizitätskonstanten.

2. Die Ausdehnung der verflüssigten Paraffine scheint in den Grenzen der Untersuchung durch eine lineare Funktion gut darstellbar zu sein.

3. Das feste Paraffin ergibt in dünnen Schichten zwei wohl definierte Brechungsindices. Die beiden gebrochenen Strahlen sind, wie bei der krystallinischen Doppelbrechung, senkrecht aufeinander polarisiert.

4. Die sog. Lorentz'sche Konstante scheint sowohl vom Aggregatszustand, wie auch von der Temperatur abhängig zu sein. Jedenfalls sind die Abweichungen von der Konstanz verhältnismässig sehr klein.

Ähnliches lässt sich auch von der Mosotti-Clausius'schen Konstanten aussagen.

5. Die Dielektrizitätskonstanten sehr verschiedener Paraffinsorten, bestimmt nach einer und derselben Methode variieren unverhältnismässig weniger, als die verschiedenen Forscher es nach verschiedenen Methoden gefunden haben. Es scheint also die Ursache der grossen Unterschiede in der Methode zu liegen.

Die spezifischen Gewichte des Paraffins

in festem Zustand. **in flüssigem Zustand.**

Tabelle 1.

Paraffin	t	d	Paraffin	t	d
I.	20°	0,87586	I.	49°65	0,77774
	30°	0,86674		59°8	0,77032
	35°	0,85251		78°	0,75810
II.	20°	0,88518	II.	56°	0,77492
	30°	0,87157		63°1	0,77010
	38°	0,86404		81°5	0,75784
III.	20°	0,91033	III.	63°3	0,77381
				64°5	0,77294
	30°	0,89114		71°8	0,76805
	38°	0,87370		79°7	0,76277
				87°5	0,75761
IV.	20°	0,91065	IV.	62°5	0,77428
	30°	0,89358		72°	0,76795
	40°	0,87218		79°7	0,76288
	45°	0,86788		88°7	0,75685
V.	20°	0,91576	V.	81°5	0,77763
	30°	0,90641		81°9	0,77743
	45°	0,87605		89°	0,77288
	60°	0,80578		94°25	0,76943

Die Brechungsindices und Refractionskonstanten des festen Paraffins.

Tabelle 2.

N°	n_1	n_2	r_1	r_2
I.	1,48483	1,53341	0,32372	0,35088
II.	1,49394	1,54203	0,32434	0,35068
III.	1,50063	1,54810	0,31933	0,34531
IV.	1,50055	1,54965	0,3191	0,3451
V.	1,50657	1,55152	0,32426	0,34926

Die Brechungsindices und die Refr

Tabelle 3.

Paraffin	t	i	n_D	r	t	i	n_C
I.	52°3	49°3′4	1,43509	0,33641	52°7	48°37′4	1,43217
	69°8	50°13′8	1,42809	0,33698	69°3	49°42′8	1,42563
	97°7	52°3′8	1,41719	0,33775	97°7	51°34′8	1,41447
II.	59°3	49°21′2	1,43333	0,33673	59°5	48°49′85	1,43094
	70°5	50°6′2	1,42885	0,33682	70°5	49°32′2	1,42671
	97°7	51°52′7	1,41829	0,33754	97°7	51°18′2	1,41614
III.	59°2	49°1′2	1,43534	0,33616	59°2	48°29′2	1,43302
	73°4	49°58′2	1,42965	0,33656	73°4	49°25′2	1,42743
	98°	51°34′2	1,42014	0,33722	98°	51°0′2	1,41795
IV.	65°	49°26′	1,43286	0,33629	65°	48°54′	1,43052
	70°4	49°47′	1,43077	0,33644	70°6	49°15′	1,42844
	71°3	49°50′	1,43047	0,33646	71°2	49°17′	1,42824
	98°	51°30′5	1,42051	0,33750	98°	51°1′	1,41787
V.	81°	49°10′	1,43452	0,33513	81°	48°39′	1,43210
	88°1	49°35′	1,43204	0,33537	88°	49°6′	1,42939
	89°	49°39′	1,43163	0,33539	—	—	—
	98°	50°14′	1,42816	0,33555	98°	49°46′	1,42540

...nskonstanten des flüssigen Paraffins.

	t	i	n_F	r	t	i	n_G'	r
57	52°65	50°34′1	1,43995	0,33979	52°65	51°48′8	1,44448	0,34283
14	69°3	51°43′8	1,43313	0,34029	69°75	53°1′	1,43755	0,34345
81	97°7	53°39′8	1,42185	0,34105	97°7	54°59′8	1,42622	0,34414
05	59°6	50°48′3	1,43857	0,34018	59°5	52°2′2	1,44323	0,34335
35	70°5	51°32′2	1,43428	0,34053	70°5	52°49′2	1,43869	0,34354
02	97°7	53°22′2	1,42358	0,34128	97°7	54°43′2	1,42783	0,34427
50	59°2	50°27′2	1,44066	0,33973	59°2	51°44′2	1,44497	0,34261
05	73°4	51°252	1,43499	0,34021	73°4	52°42′2	1,43940	0,34321
58	98°	53°3′2	1,42544	0,34094	98°	54°24′2	1,42966	0,34389
70	65°1	50°53′	1,43814	0,33989	65°1	52°9′	1,44258	0,34288
01	—	—	—	—	—	—	—	—
05	71°2	51°17′	1,43579	0,34009	71°2	52°32′5	1,44032	0,34317
54	98°	53°6′	1,42518	0,34078	98°	54°21′5	1,42992	0,34409
9	81°	50°37′	1,43979	0,33867	81°	51°53′5	1,44419	0,34161
5	87°5	51°2′	1,43735	0,33879	87°5	52°20′5	1,44160	0,34165
	—	—	—	—	—	—	—	—
6	98°	51°47′	1,43293	0,33881	98°	53°3′	1,43751	0,34193

Die prozentuale Änderung des Brechungsindex des flüssigen Paraffins.

Tabelle 4.

t — t′	C	D	F	G′	Paraffin
52°,3 — 97°7	1,236 %	1,247 %	1,257 %	1,264 %	I.
59°3 — 97°7	1,034 %	1,049 %	1,042 %	1,067 %	II.
59°2 — 98°	1,052 %	1,059 %	1,056 %	1,060 %	III.
65° — 98°	0,884 %	0,862 %	0,901 %	0,878 %	IV.
81° — 98°	0,468 %	0,443 %	0,476 %	0,462 %	V.

Tabelle 5.

Autor	Bemerkung über die Methode	Zeit der Ladung	Dielektrizitäts-konstante
Boltzmann	Messung der Kapazität eines Platten-kondensators	Sehr Kurz	2,28 — 2,34. —
»	Anziehung einer Kugel	$\frac{1}{360}$ — $\frac{1}{64}$ sec.	2,32
Wüllner	—	—	1.964
Hopkinson	Messung der Kapazität eines Schutz-ringkondensators	—	2,29
Gordon	Differentialkondensator	$\frac{1}{12000}$ sec.	1,99. —
Schiller	—	0,00008 — $\frac{1}{25}$ sec.	1,68 — 1,89
Winkelmann	Kondensatormethode	$\frac{1}{340}$ sec.	2,13 — 2,21
Donle	»	—	2,309
Werner	Differentialinduktormethode	—	2,254
Lombardi	Aufgehängte Scheibe im elektrischen Felde	—	2,44
Grætz u. Fomm	»	—	
Thwing	Kondensator	Herz'sche Schwingungen	2,20
			2,14 — 2,18
Lampa	Prismenmethode für elektrische Wellen	$\lambda = 8$ mm	2,32
		$\lambda = 6$ mm	1,99
		$\lambda = 4$ mm	1,96

Zusammenstellung der Dielektrizitätskonstanten

Tabelle 6.

Paraffin	t	D	$r = \frac{D-1}{(D+2).d}$
des festen Paraffins.			
I.	16°	2,105	0,3086
II.	17°	2,109	0,3032
III.	18°,5	2,145	0,3026
IV.	18°	2,161	0,3053
V.	20°	2,165	0,3054
des flüssigen Paraffins.			
I.	49°,5	2,064	0,3366
	60°,8	2,056	0,3382
	96°	2,014	0,3388
II.	50°	2,064	0,3378
	96°	2,015	0,3379
III.	62°	2,040	0,3323
	96°	2,004	0,3334
IV.	64°	2,050	0,3353
	96°	2,011	0,3352
V.	82°	2,032	0,3293
	97°,5	2,016	0,3297

Lebenslauf.

Als Sohn des Beamten Alfons von Ziętkowski und seiner Ehefrau Sophie geb. von Nowakowska wurde ich, Thaddäus von Ziętkowski, am 18. August 1871 zu Radom geboren. Ich gehöre der römisch-katholischen Konfession an. Meine Schulbildung erhielt ich zuerst in der Warschauer Privat-Realschule von Herrn Adalbert Górski und dann im Warschauer Realgymnasium, das ich im Juni 1892 mit dem Zeugnis der Reife verliess.

Vom Oktober 1892 an widmete ich mich dem Studium der Physik und der ihr verwandten Wissenschaften zunächst — 10 Semester lang — an der Königlichen Technischen Hochschule zu Dresden, dann — während 5 Semestern — an der Universität Freiburg in der Schweiz. Hier bestand ich am 7. Dezember 1900 die mündliche Doktorprüfung. Ich besuchte Vorlesungen und Übungen bei folgenden Herrn Professoren und Dozenten:

Böhmert, Eck, Engels, Fischer, † Fränkel, Frühling, Fuhrmann, † Hartig, Helm, Hempel, Heyn, Kalkowsky, Krause, Mehrteus, Mohr, Frh. von Oer, Pattenhausen, Rohn, Schmidt, Schmitt, Stribeck, Toepler in Dresden.

Baumhauer, Bistrzycki, de Girard, v. Kowalski, Thomas-Mamert in Freiburg in der Schweiz.

Allen meinen Lehrern spreche ich an dieser Stelle meinen ehrerbietigsten Dank aus.